

Fotonikos pagrindai

Jvadas. Fotonikos sąvoka ir jos ryšys su optika ir elektronika. Pagrindiniai geometrinės optikos postulatai ir dėsniai. Šviesos sklidimas skaidulomis. Šviesos sklidimas gradientinėmis skaidulomis. Šviesolaidinio ryšio raida.

Bangų optika. Bangų optikos postulatai. Monochromatinės bangos. Helmholtco (Helmholtz) lygtis. Bangos fronto sąvoka. Sferinės, parabolinės ir plokščiosios bangos. Frenelio aproksimacija. Ryšys su geometrine optika.

Pluoštų optika. Gauso (Gauss) pluoštai. Gauso pluoštų savybės. Gauso pluoštų sklidimas optiniais komponentais. ABCD matrica pluoštams. Ermito-Gauso pluoštai (Hermite-Gauss). Lagero–Gauso (Laguerre-Gauss) pluoštai, šviesos sūkuriai, jų formavimas ir savybės. Beselio (Bessel) pluoštai, jų formavimo būdai ir savybės. Radialinės azimutinės poliarizacijos pluoštai. Airy pluoštai.

Furje (Fourier) optikos pagrindai. Šviesos sklidimas laisvoje erdvėje. Furje transformacijos optikoje. Erdvinė spektrinė analizė. Erdvinis filtravimas. Tolimojo lauko Furje transformacija. Furje transformacija naudojant lęšį.

Elektromagnetinių bangų optika. Maksvelo lygtys. Elektromagnetinės bangos vienalytėse ir nevienalytėse aplinkose. Kristalooptika. Šviesos poliarizacija. Poliarizacijos matricos. Anizotropinių aplinkų optika. Izotropiniai, vienašiai ir dviašiai kristalai. Lūžio rodiklio elipsoidas. Šviesos sklidimas anizotropinėse terpėse. Dvigubas lūžis. Spinduliai, bangos frontas ir energijos pernaša anizotropinėse terpėse.

Elektrooptika. Kero reiškinys. Elektrooptinis reiškinys. Pokelso elementai ir jų panaudojimai.

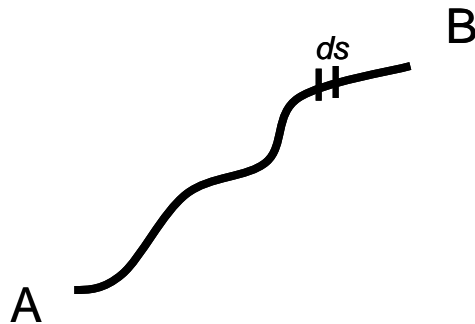
Akustooptika. Akustinės bangos skaidriose aplinkose. Elastooptinis reiškinys. Šviesos bangų Brego ir Ramano-Nato difrakcija. Įrenginiai.

Kvantinės optikos pagrindai. Kvantinės interferencijos reiškinys.

Fotonikos pagrindai

Spindulių optikos postulatai:

- Šviesa sklinda spindulių pavidalu. Spindulius spinduliuoja šviesos šaltiniai ir gali būti registruojami, kai pasiekia optinį detektorių. Optiniai komponentai visada yra centruojami pagal optinę ašį; spinduliai sklinda mažais kampais į optinę ašį. Tokie spinduliai vadinami gretaašiais (paraksialiniais).
- Optinė aplinka charakterizuojama dydžiu $n \geq 1$, vadinamu aplinkos lūžio rodikliu. Lūžio rodiklis yra santykis šviesos greičio laisvoje erdvėje c_0 (vakuume) su šviesos greičiu aplinkoje. Laikas kurį sugaišta šviesa nusklisdama atstumą d yra $d/c = nd/c_0$. Dydis nd yra vadinamas optiniu keliu.
- Nehomogeninėse aplinkose lūžio rodiklis $n(\mathbf{r})$ yra koordinatų $\mathbf{r} = (x, y, z)$ funkcija. Optinis kelio ilgis tokiose aplinkose tarp taškų A ir B yra:



$$L_{opt} = \int_A^B n(\mathbf{r}) ds$$

Laikas reikalingas šviesai nusklinti iš taško A į tašką B yra proporcingas optiniam keliui.

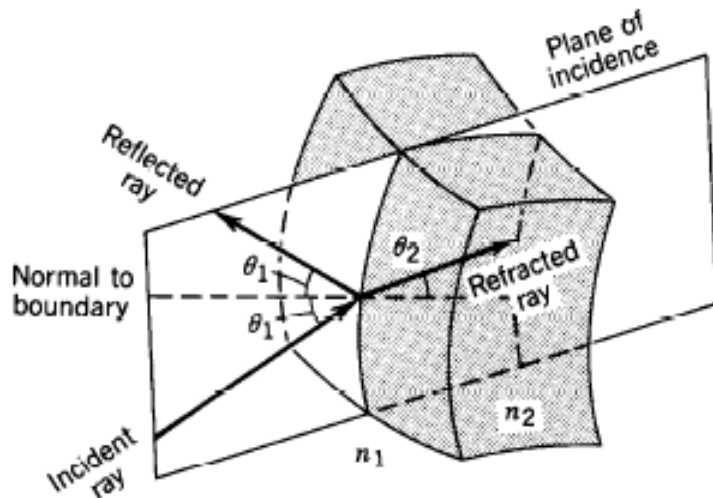
Spindulių optikos postulatai:

- Ferma (Fermat's) principas: optiniai spinduliai sklisdami tarp taškų A ir B nueina šį atstumą per mažiausiai įmanomą laiką:

$$\delta \int_A^B n(\vec{r}) ds = 0$$

Bendru atveju nehomogeninėse aplinkose gali būti ne vienas, o daugiau tokių kelių.

- **Snelijaus** dėsnis. Lūžę spinduliai yra jų kritimo plokštumoje; lūžio kampą ir kritimo kampą sieja **Snelijaus** dėsnis:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Fotonikos pagrindai

Sneliausis kelias:

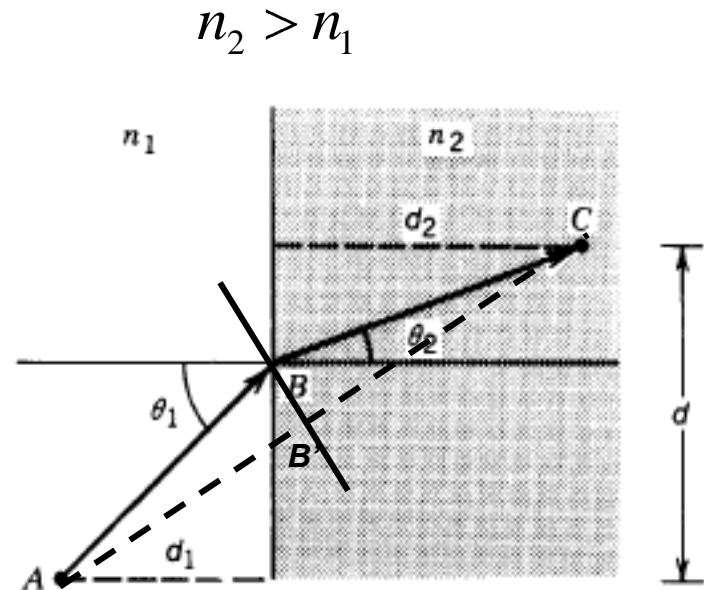
Optinis kelias tarp taškų A ir C gali būti:

- $AB+BC$,
- $AB'+B'C$.

Vizualiai $AB'C$ yra trumpesnis. Bet pagal Ferma principą

atkarpos $B'C \cdot n_2$ ilgis yra didesnis negu atkarpos $BC \cdot n_2$.

Bet spindulys $B'C$ nueina II-je aplinkoje didesnį kelią negu spindulys BC .

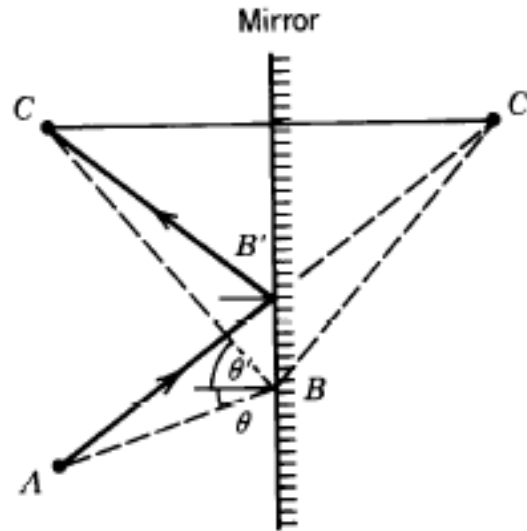


Šviesos atspindys

Šviesos atspindys nuo dviejų skirtingų aplinkų paviršių vyksta pagal tokius dėsningumus:

- Nepriklausomai nuo to ar atspindintis paviršius yra plokščias ar kreivas atspindėti spinduliai yra krentančio spindulio plokštumoje;
- Atspindžio kampas yra lygus kritimo kampui.

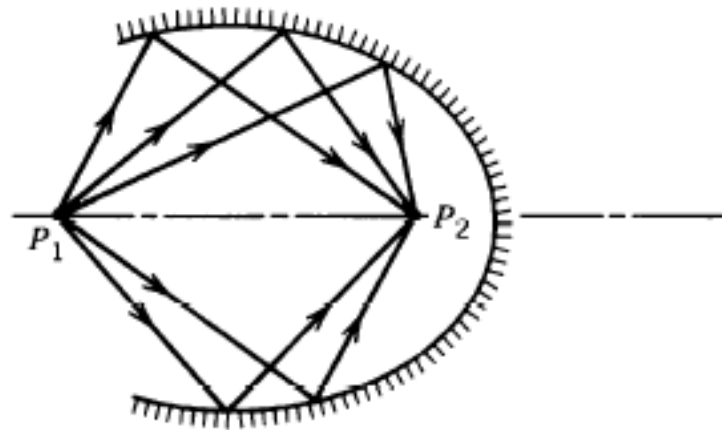
Plokščias veidrodis



Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys:

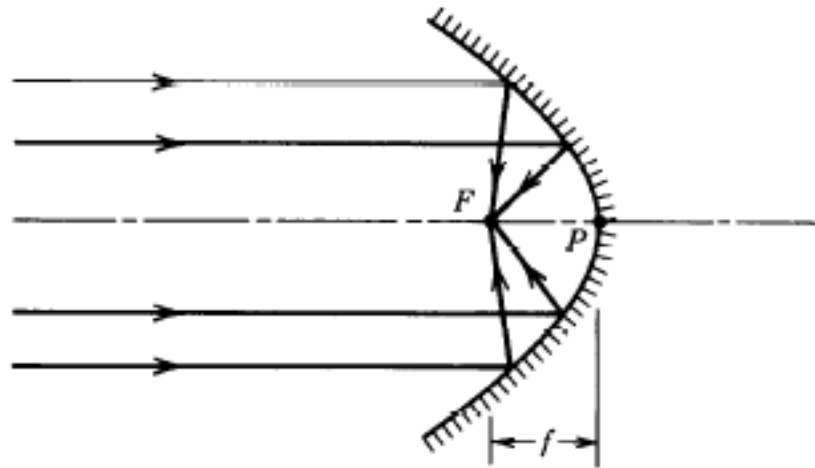
Elipsinis veidrodis



Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys:

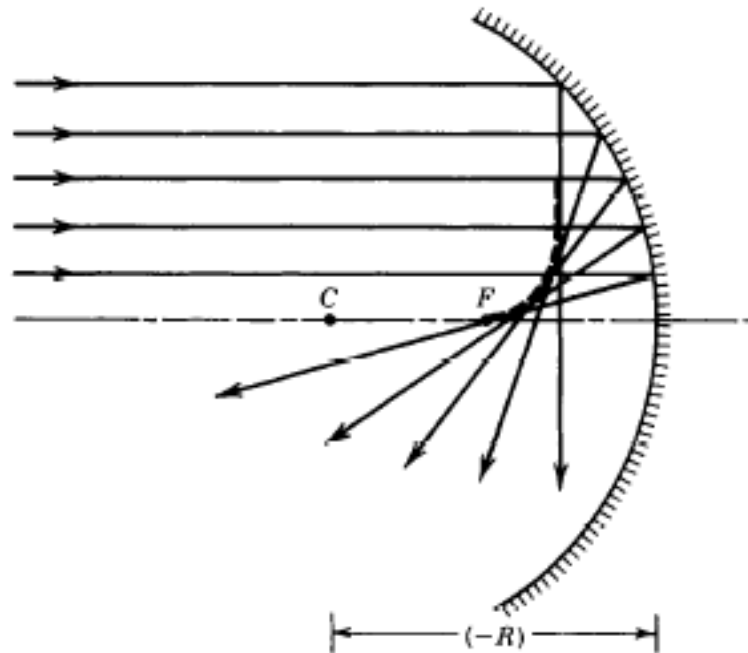
Paraboloidinis veidrodis



Fotonikos pagrindai

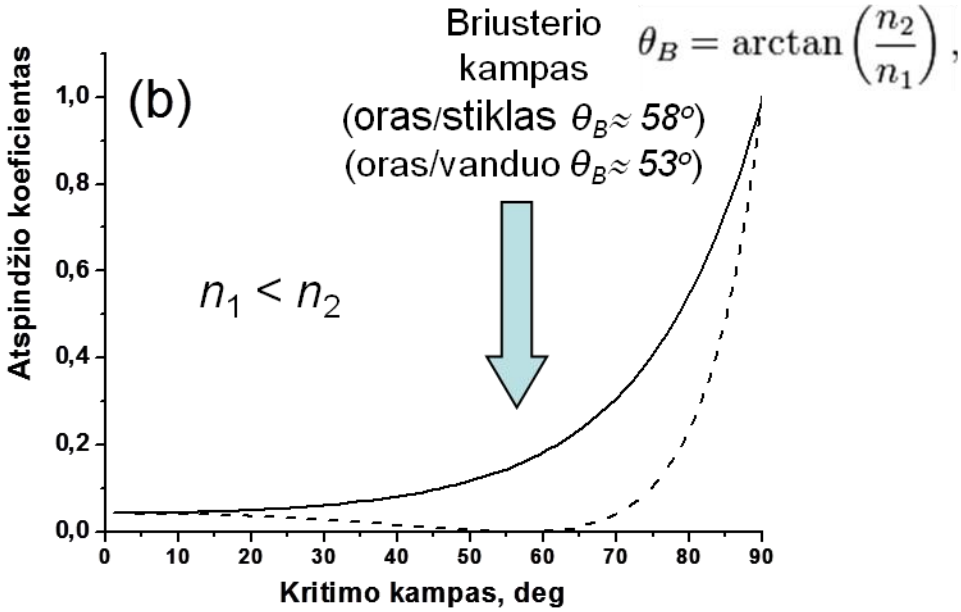
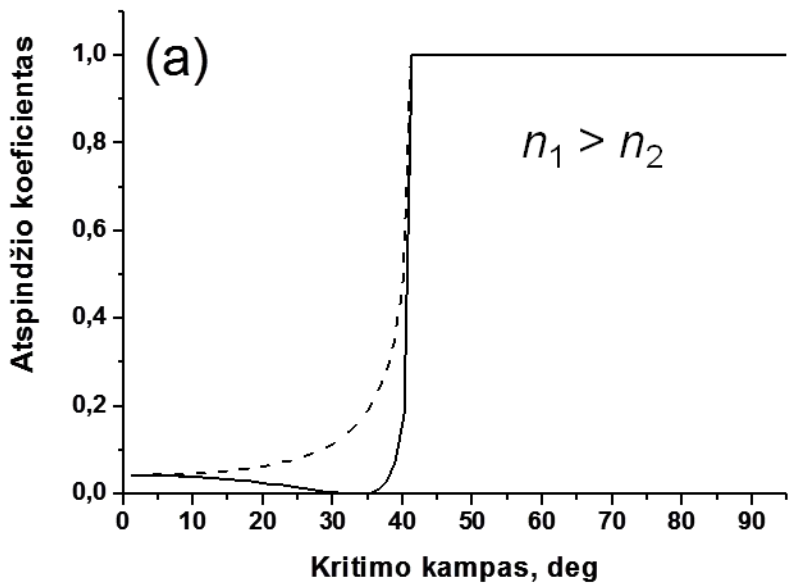
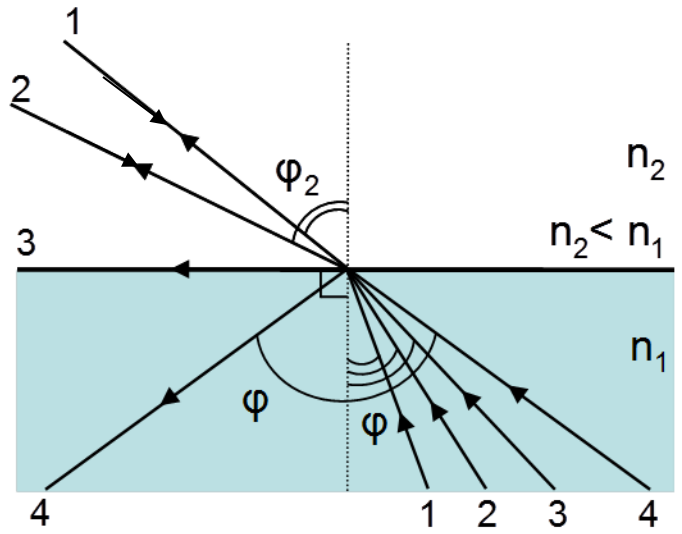
Šviesos atspindys:

Sferinis veidrodis



Fotonikos pagrindai

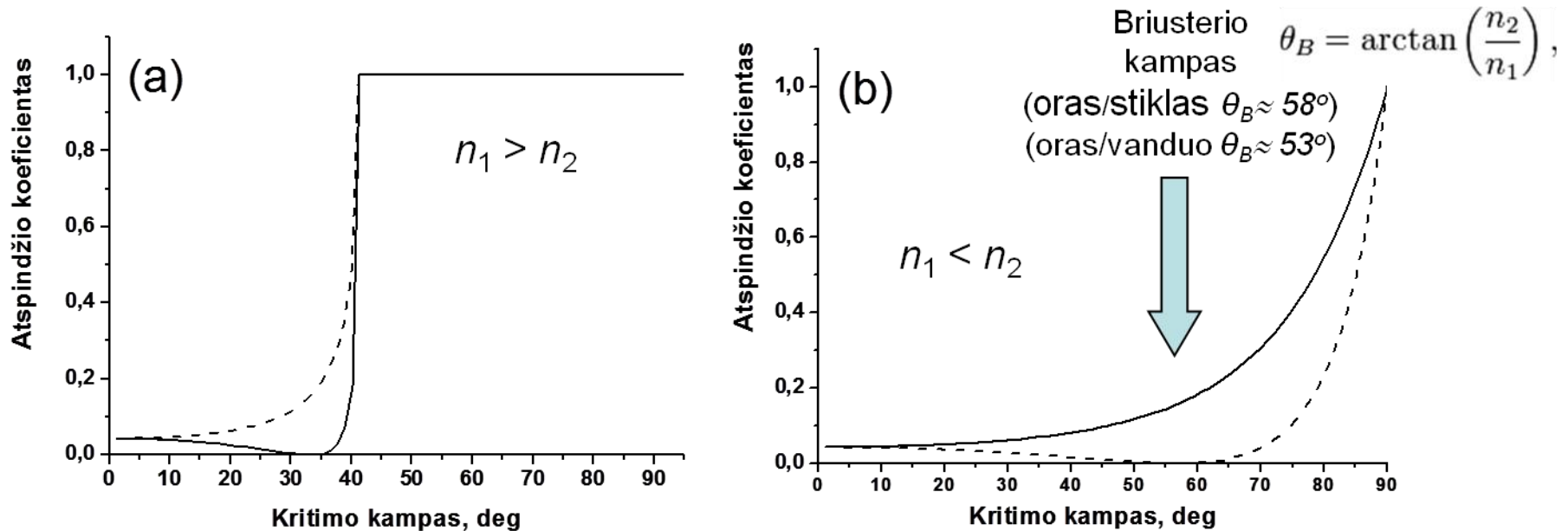
Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



Atspindžio koeficiento priklausomybės nuo dviejų skaidrių terpių ribos dviem skirtingų poliarizacijų bangoms (a – kai $n_1 > n_2$ stiklas–oras; b – $n_1 < n_2$ oras–stiklas). Ištiesa linija atitinka \perp poliarizacijos bangą, punktyrinė – II bangą.

Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



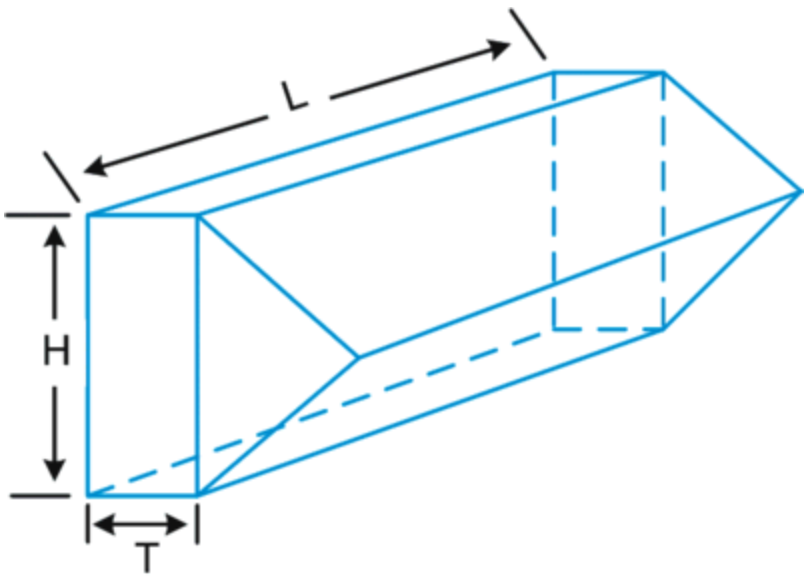
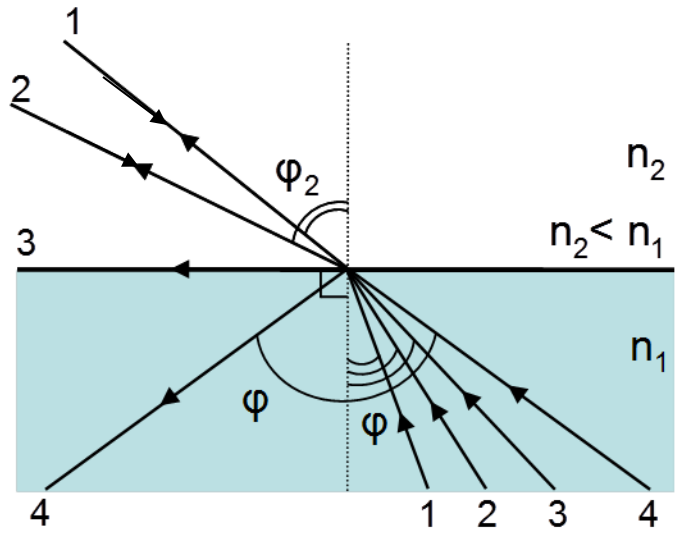
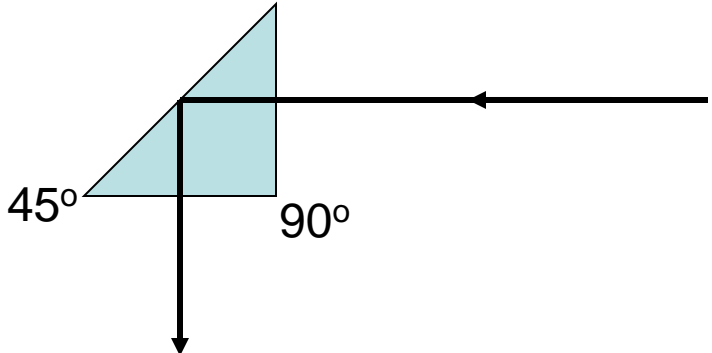
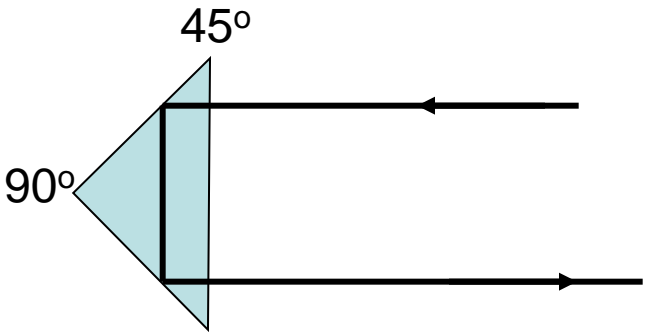
Atspindžio koeficiento priklausomybės nuo dviejų skaidrių terpių ribos dviem skirtingų poliarizacijų bangoms (a – kai $n_1 > n_2$ stiklas–oras; b – $n_1 < n_2$ oras–stiklas). Ištisa linija atitinka \perp poliarizacijos bangą, punktyrinė – II bangą.

$$R_{II} = \frac{E_{10}^{II}}{E_{00}^{II}} = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \varphi_2)}{\operatorname{tg}(\varphi + \varphi_2)} = \frac{\sin 2\varphi - \sin 2\varphi_2}{\sin 2\varphi + \sin 2\varphi_2} = \frac{\sin 2\varphi \cos \varphi - \sin 2\varphi_2 \cos \varphi_2}{\sin 2\varphi \cos \varphi + \sin 2\varphi_2 \cos \varphi_2},$$

$$R_{\perp} = \frac{E_{10}^{\perp}}{E_{00}^{\perp}} = -\frac{\sin(\varphi - \varphi_2)}{\sin(\varphi + \varphi_2)} = -\frac{\sin \varphi \cos \varphi_2 - \sin \varphi_2 \cos \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi_2 + \sin \varphi_2 \cos \varphi}$$

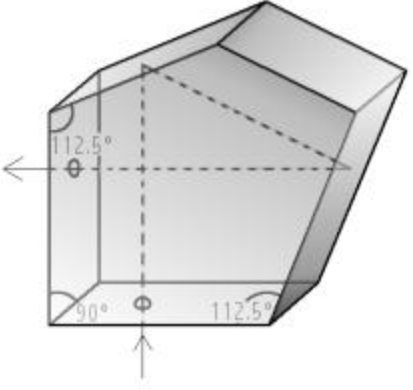
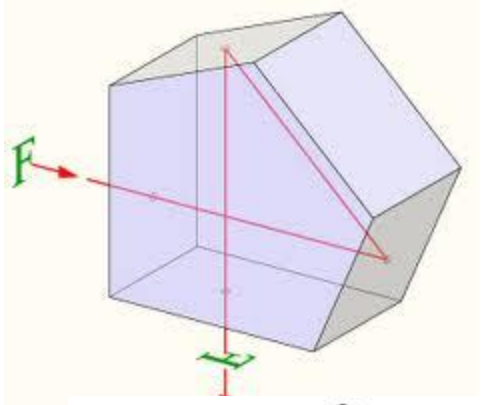
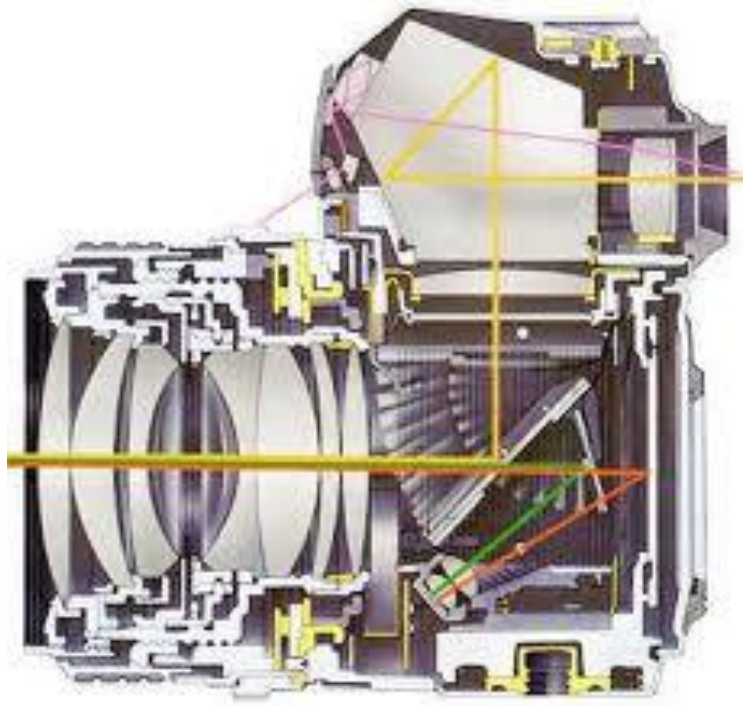
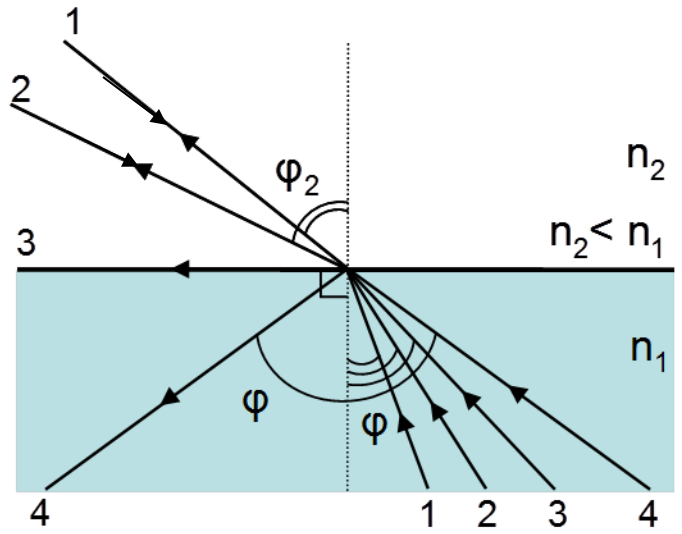
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



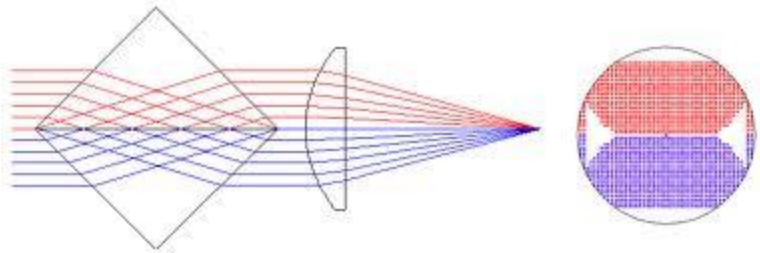
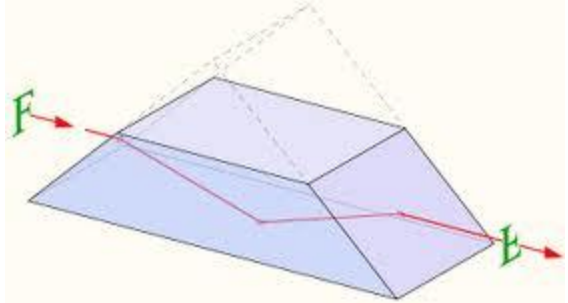
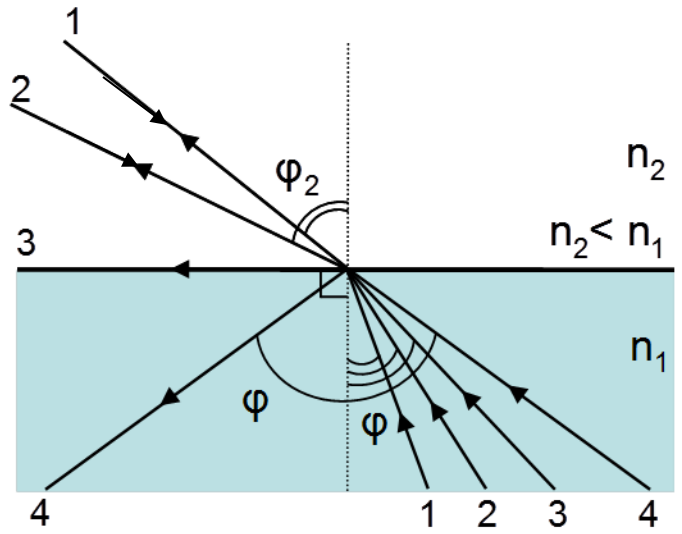
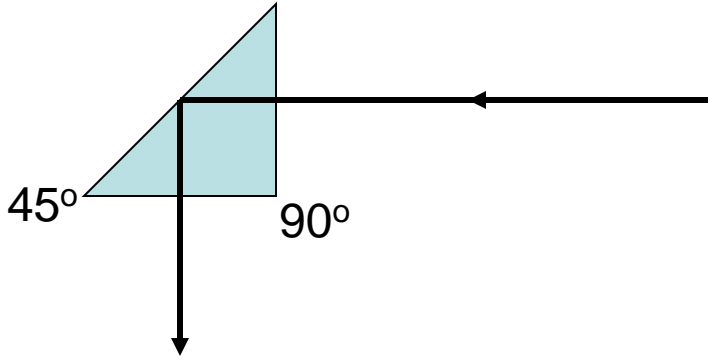
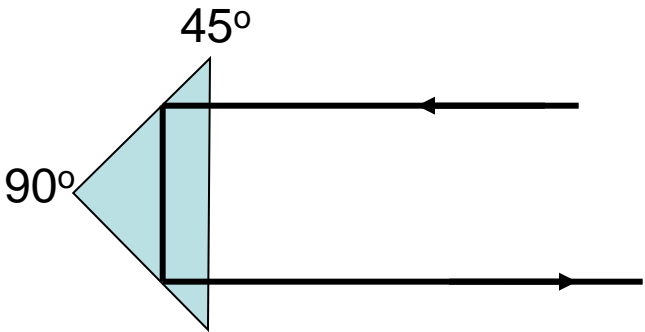
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



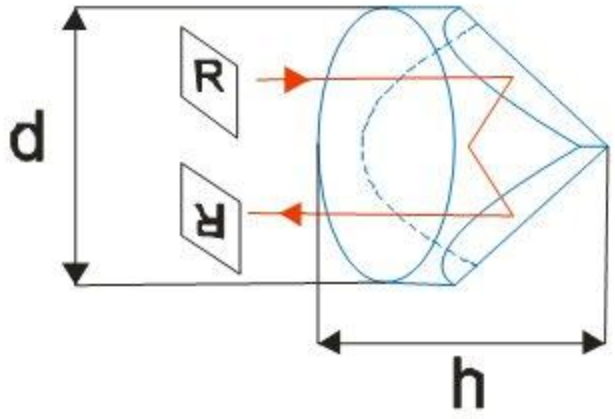
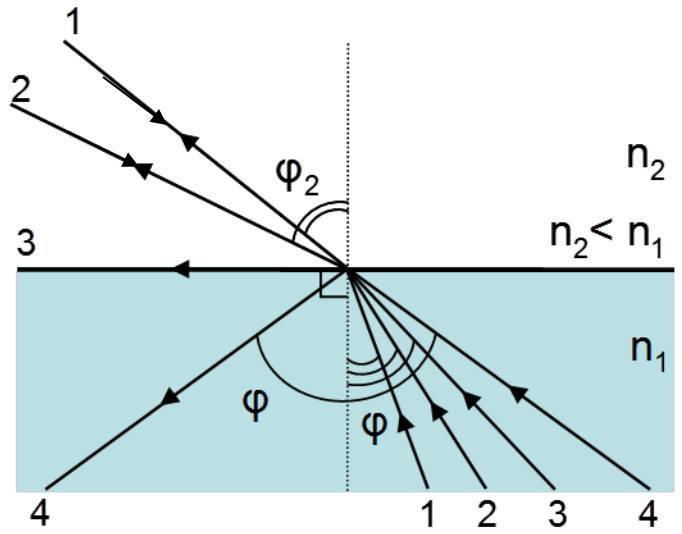
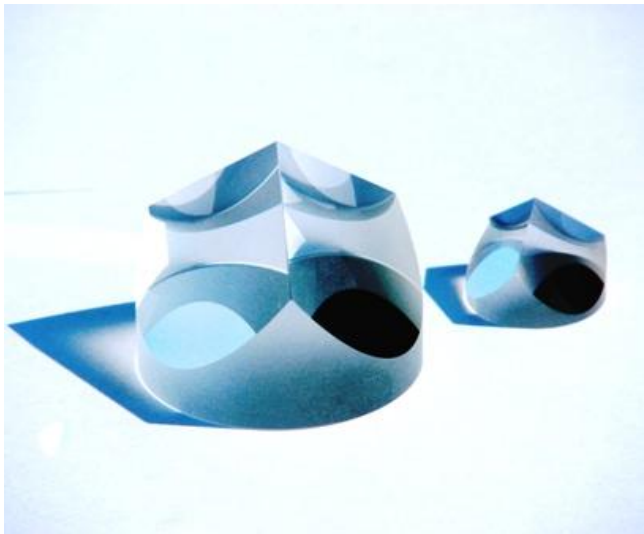
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



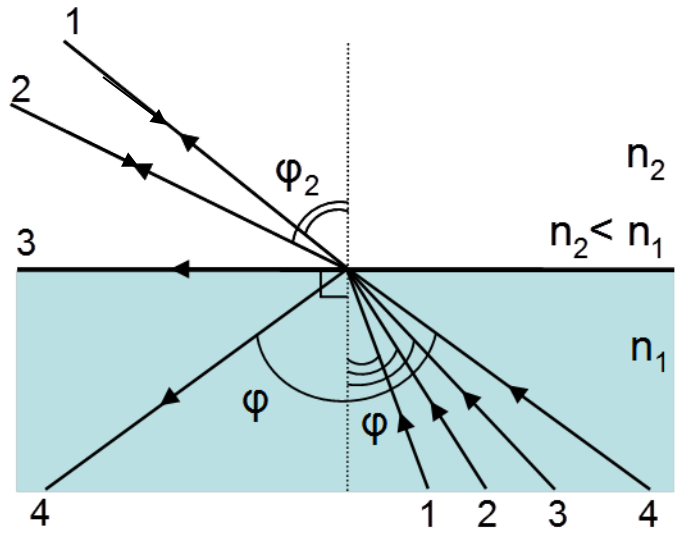
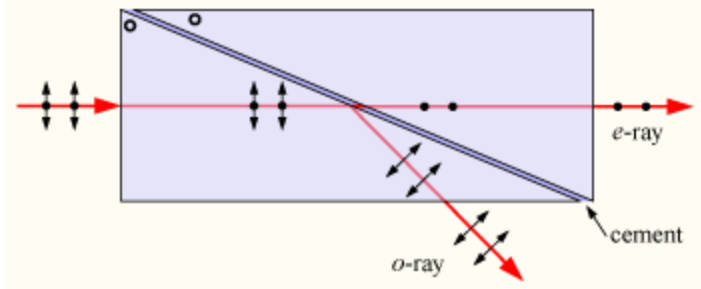
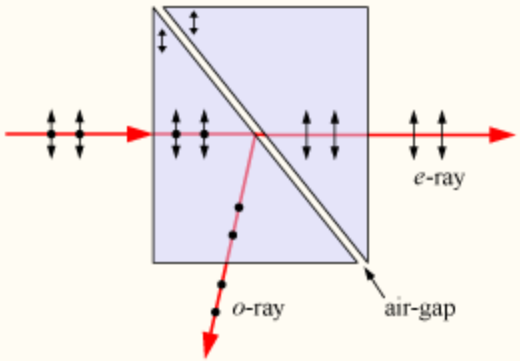
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



Fotonikos pagrindai

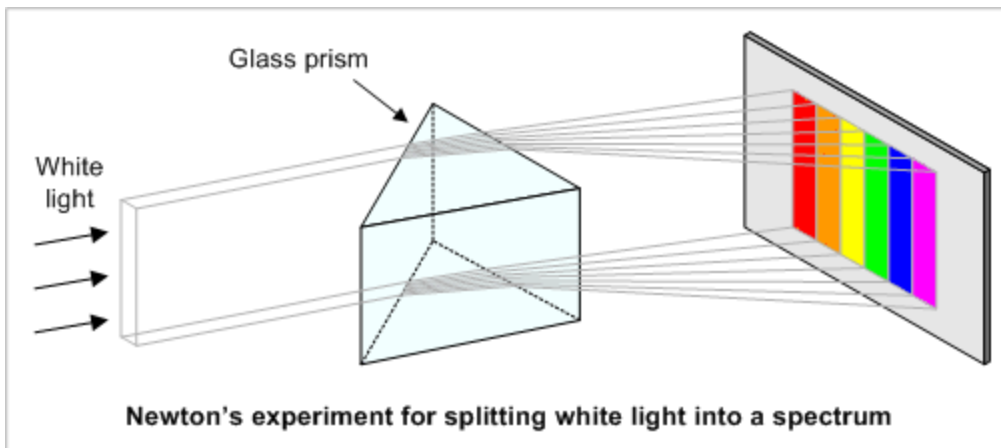
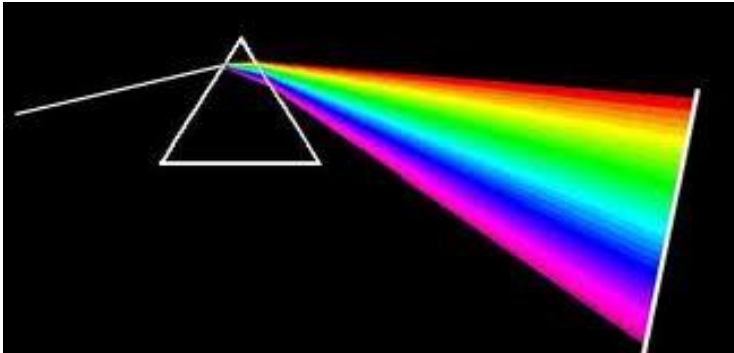
Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:

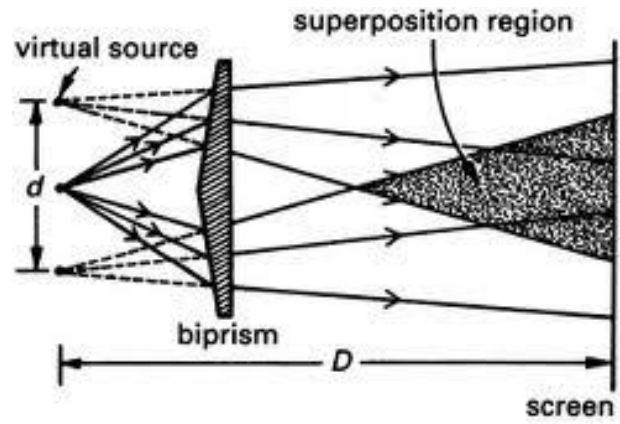


Fotonikos pagrindai

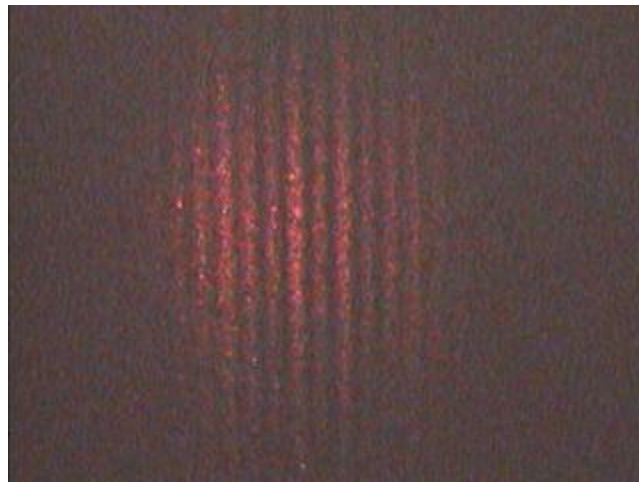
Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:

$$n_1(\lambda) \sin \theta_1 = n_2(\lambda) \sin \theta_2$$

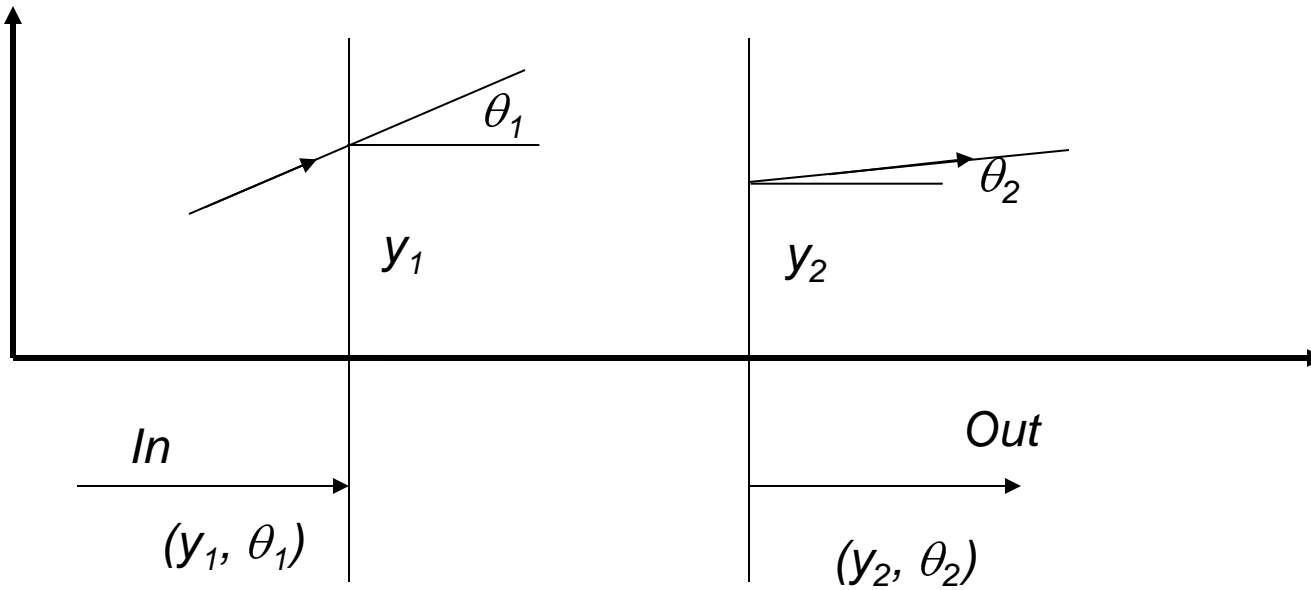




Biprism, Fresnel's



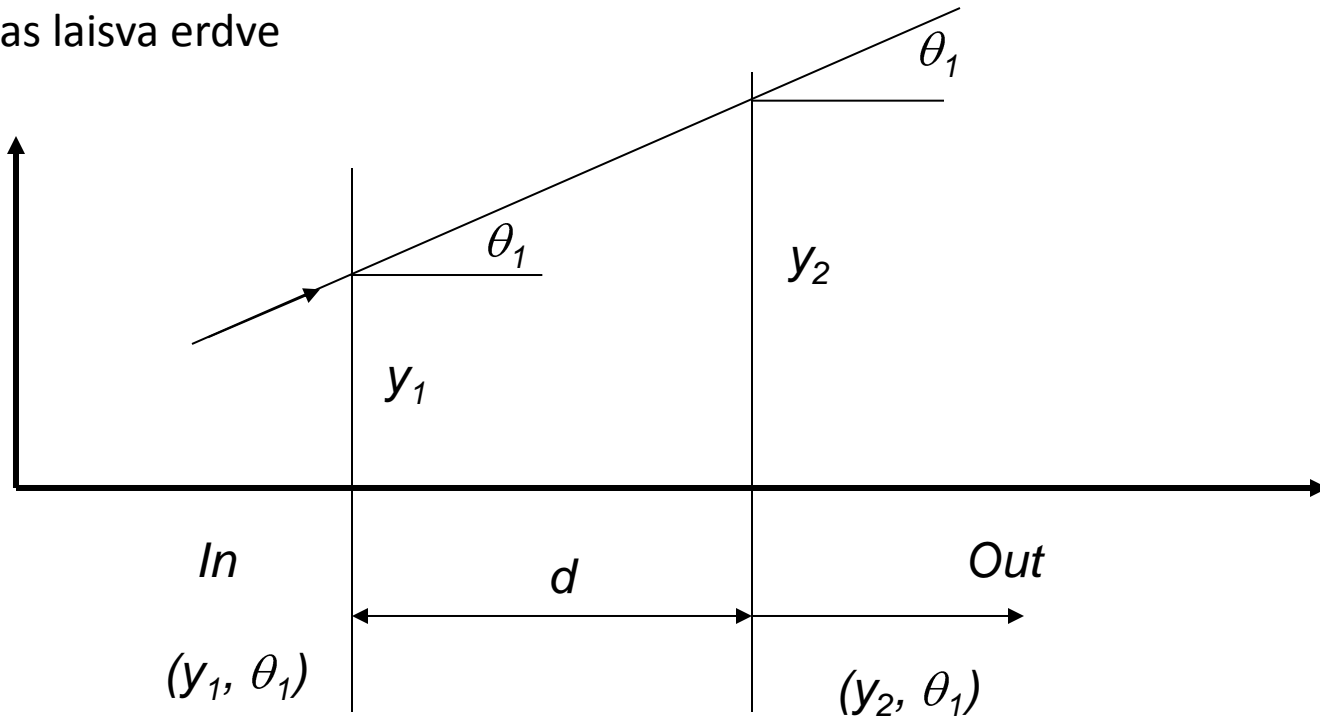
ABCD matricos spinduliams



$$\begin{cases} y_2 = Ay_1 + B\theta_1, \\ \theta_2 = Cy_1 + D\theta_1 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix}$$

Sklidimas laisva erdve

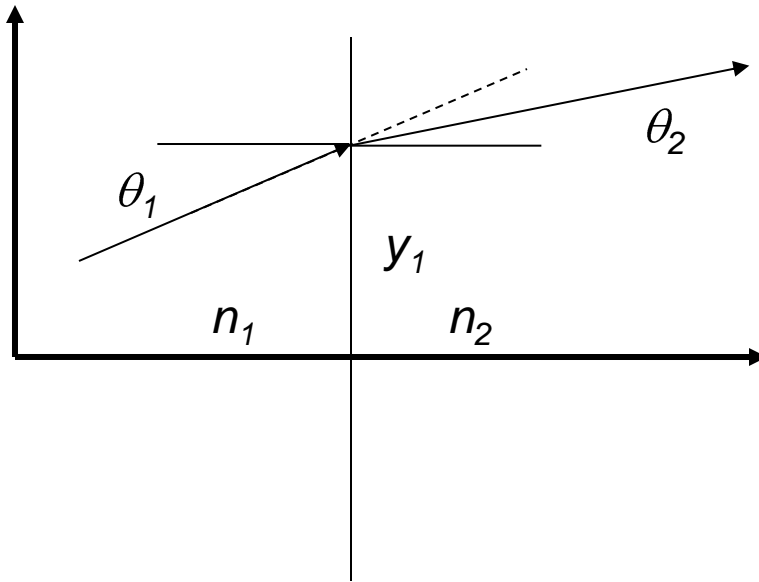


$$\begin{aligned} y_2 &= Ay_1 + B\theta_1, \\ \theta_2 &= Cy_1 + D\theta_1 \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} y_2 &= y_1 + d\theta_1, \\ \theta_2 &= \theta_1 \end{aligned} \quad M = \begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretaašis artinys (*paraksialinis*))

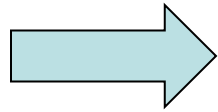
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



$$y_2 = Ay_1 + B\theta_1,$$

$$\theta_2 = Cy_1 + D\theta_1$$



$$y_2 = y_1,$$

$$n_2\theta_2 \approx \theta_1 n_1$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2,$$

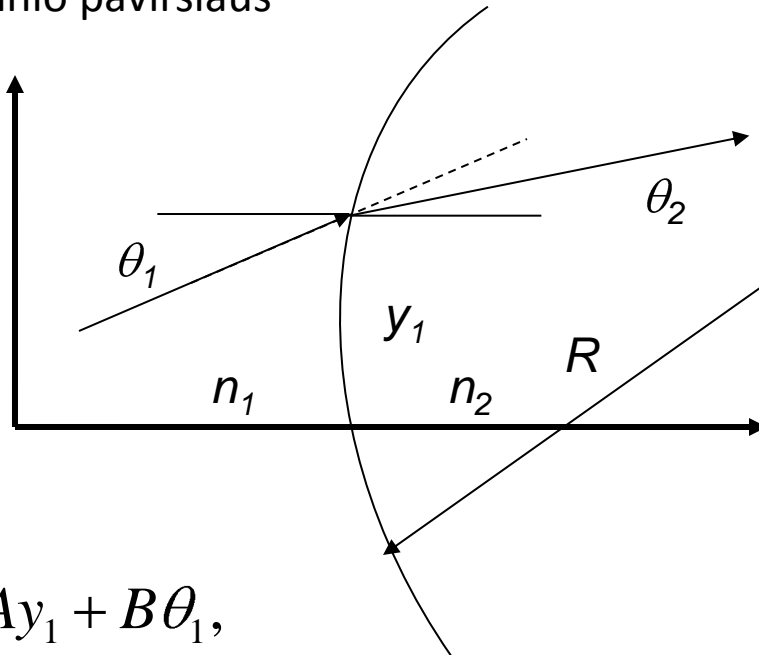
$$n_1\theta_1 \approx n_2\theta_2$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_1}{n_2} \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretaašis artinys (*paraksialinis*))

Fotonikos pagrindai

Lūžis ant sferinio paviršiaus



$R > 0$, išgaubtas,
 $R < 0$, įgaubtas,

$$y_2 = Ay_1 + B\theta_1,$$

$$\theta_2 = Cy_1 + D\theta_1$$

$$y_2 = y_1,$$

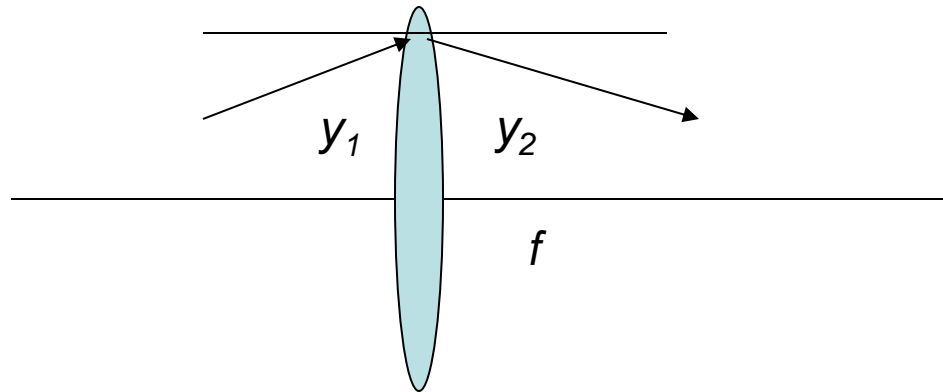
$$\theta_2 \approx \frac{n_1}{n_2} \theta_1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2 R} y_1$$



$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{n_2 - n_1}{n_2 R} & \frac{n_1}{n_2} \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretaašis artinys (*paraksialinis*))

Plonas lęšis



$f > 0$, išgaubtas,
 $f < 0$, įgaubtas,

$$y_2 = Ay_1 + B\theta_1,$$

$$\theta_2 = Cy_1 + D\theta_1$$

$$y_2 = y_1,$$

$$\theta_2 \approx \theta_1 - \frac{y_1}{f}$$

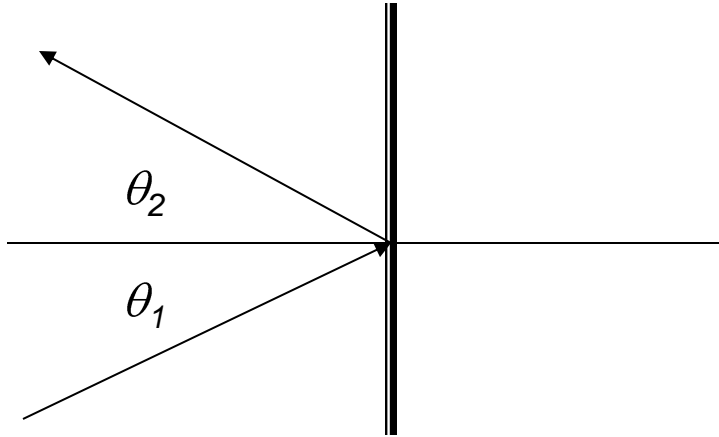


$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretaašis artinys (*paraksialinis*))

Fotonikos pagrindai

Atspindys nuo plokščio paviršiaus



$$y_2 = Ay_1 + B\theta_1,$$

$$\theta_2 = Cy_1 + D\theta_1$$

$$y_2 = y_1,$$

$$\theta_2 = \theta_1.$$

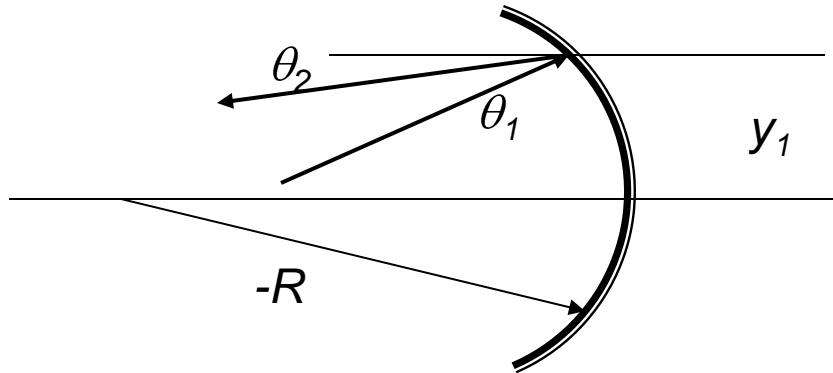


$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretai artinys (*paraksialinis*))

Fotonikos pagrindai

Atspindys nuo sferinio paviršiaus



$R > 0$, išgaubtas,
 $R < 0$, įgaubtas,

$$y_2 = Ay_1 + B\theta_1,$$

$$\theta_2 = Cy_1 + D\theta_1$$

$$y_2 = y_1,$$

$$\theta_2 \approx -\frac{2y_1}{-R} + \theta_1.$$



$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{R} & 1 \end{bmatrix}$$

(mažiems kampams, gretaašis artinys (*paraksialinis*))

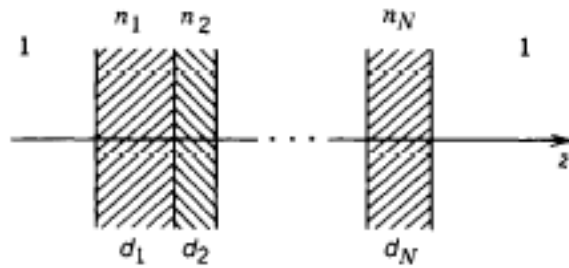
Fotonikos pagrindai

Šviesos atspindys ir lūžis; plokšti paviršiai:



Fotonikos pagrindai

Atspindys nuo daugelio plokščių paviršių



$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 1 & \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{n_i} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$